
II Congrés UPC Sostenible 2015

**REPRESENTACIÓ EXERGÈTICA EN REHABILITACIÓ: MESURES EN LES AULES
ETS ARQUITECTURA BARCELONA****Sergi Coll*, Núria Moras**, Jaume Roset*****

Grup: Representació Gràfica de l'Exergia (RGEx)

Av. Diagonal, 649

08028 - Barcelona, Spain

Phone: +34 93 401 63 80

<http://rgex.blogspot.com>

sergi_coll@hotmail.com*, nuriamoras@gmail.com**, roset@fa.upc.edu***

Tema/es del congrés: Arquitectura i construcció.**Tòpic/s transversals:** Recerca Low-Cost.**RESUM**

La idea principal de la qual es parteix és que l'edifici és una membrana que permet el diàleg entre el microclima interior i el clima exterior, i que una bona manipulació de la membrana optimitza el benestar al seu interior.

El càlcul de l'exergia del microclima interior està molt lligat a la forma, estructura, orientació de la membrana, permetent així una relació directa entre necessitats per a una exergia elevada i canvis a realitzar en ella. El mètode seguit per al càlcul exergètic ens permet disposar d'un seguit de triangles que per comparativa, ens permeten esbrinar els canvis a realitzar en dita membrana.

Aquest model es va comprovar en l'edifici Coderch de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (ETSAB) i és el següent:

- Es parteix de la premissa evident, de les mancances de tipus lumínic que hi ha en dites aules. No obstant, es realitza una presa de mesures lumíniques que corroboren dites mancances i que ens permeten dur a terme una primera representació de l'exergia. La presa de dades ha de ser representativa de l'edifici i ens ha de permetre una modelització d'aquest espai. En un altre exemple, hem utilitzat dades de l'edifici de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès (ETSAV), que té un seguiment de consums continu al llarg de l'any, mitjançant el SIRENA de la UPC.
- El primer triangle obtingut, ens permet, de forma intuïtiva esbrinar el focus del problema, i per tant, de la mateixa manera proposar un nou triangle exergètic teòric. Aquesta proposta radica en la recerca d'equilibri entre el microclima interior i les possibilitats de modificació de la membrana.
- Els canvis proposats a la membrana ens obliga utilitzar programes que ens permetin un model teòric dels canvis realitzats. En l'estudi de l'edifici Coderch es va realitzar un model lumínic previ de les aules, i altres models amb diferents propostes de canvi (diàmetres dels tubs solars, altura, col·locació d'aquests, tipus de lluminàries i col·locació d'aquestes). Es van realitzar successius triangles fins a arribar al més proper al teòric.

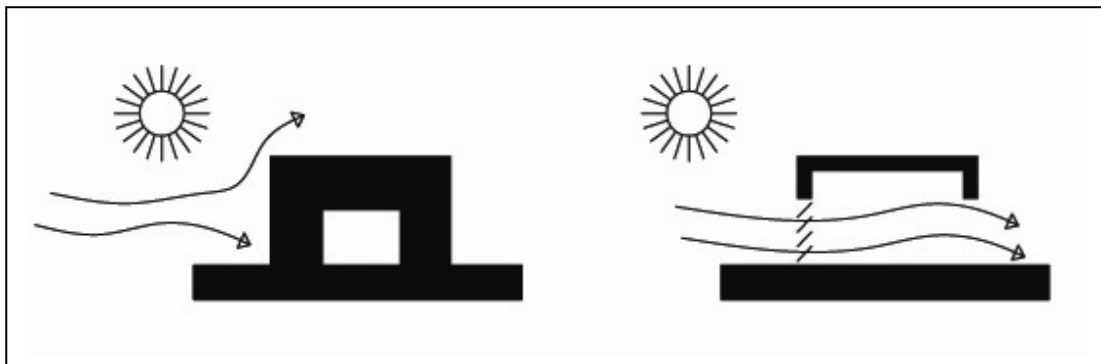
Els estudis realitzats ens indiquen que és molt important la versatilitat de la membrana de l'edifici, ja que ha de ser possible adaptar-lo al llarg de l'any i al llarg del dia, només d'aquesta manera s'aconsegueixen uns bons resultats exergètics.

INTRODUCCIÓ:

La pell de l'edifici és l'encarregada d'aïllar l'ambient interior, més o menys estable, de la variabilitat de l'ambient exterior. En la majoria de casos, aquesta, permet la seva adequació per tal d'aprofitar els recursos naturals o en cas contrari de protegir-se de les inclemències del temps.

En la majoria d'edificis ens podem trobar diferents tipus de pell:

- la que aïlla completament de l'exterior: no permetent l'aprofitament de les variables exteriors.
- I la que utilitza petits mecanismes, ja siguin a nivell compositiu de la façana (tenint en compte la seva localització i funció) o bé domòtics; per adequar la pell a les diferents condicions climàtiques, meteorològiques...



Per a la realització d'aquest estudi es parteix de la idea que, l'edifici és una membrana que permet el diàleg entre el microclima interior i el clima exterior, i que una bona manipulació d'aquesta permet l'optimització del benestar interior, per tant, és objecte d'estudi la permeabilitat de la membrana.

El càlcul de l'exergia del microclima interior està molt lligat a la forma, estructura, orientació de la membrana, permetent així una relació directa entre necessitats per a una exergia elevada i canvis a realitzar en ella. El mètode seguit per al càlcul exergètic ens permet disposar d'un seguit de triangles que per comparativa, ens permeten esbrinar els canvis a realitzar en dita membrana.

Per a realitzar un anàlisi pràctic d'aquest tipus, es va creure convenient triar un edifici pròxim i familiar per a tots els membres de l'equip, per això res millor que utilitzar com a prototip l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (ETSAB). També és un requisit assolit el de preservar les virtuts arquitectòniques que ens ofereix aquest edifici.

No es realitzen valoracions econòmiques en relació a la seva millora, ja que aquestes depenen de molts factors que no són motiu d'estudi, no obstant, es pot garantir que les millores proposades són a curt i llarg termini.

Tot seguit s'explica, en aquest treball, un procés d'estudi intuïtiu de les possibilitats que ens permet la manipulació parcial de la pell, envoltent o membrana de l'edifici i no un mètode de càlcul. Com es comprova, aquesta manipulació parcial ens proporciona una millora del seu comportament interior.

ESTUDIS A L'ETSAB

El model motiu d'estudi es va desenvolupar a les aules CB-1 i CB-2 de l'edifici Coderch de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (ETSAB), on es parteix de la premissa evident, que hi ha mancances de tipus lumínic en dites aules, la qual cosa provoca que en aquestes, la despesa energètica en il·luminació sota teulada és molt elevada i, els conductes solars, poden ésser una manera de produir un important estalvi, tant energètic com econòmic.

Es realitza una presa de mesures lumíniques que corroboren dites mancances i que ens permeten dur a terme una primera representació de l'exergia. La presa de dades ha de ser representativa de l'edifici i ens ha de permetre una modelització d'aquest espai.

El primer triangle obtingut, ens permet saber la realitat que ens trobem i de forma intuïtiva esbrinar el focus del problema, i per tant, de la mateixa manera proposar un nou triangle exergètic teòric. Aquesta proposta radica en la recerca d'equilibri entre les condicions interiors i les possibilitats de modificació de la membrana.

Els canvis proposats a la membrana ens obliguen a utilitzar programes que ens permetin un model teòric dels canvis realitzats. En l'estudi de l'edifici Coderch es va realitzar un model lumínic previ de les aules, i altres models amb diferents propostes de canvi (diàmetres dels tubs solars, altura, col·locació d'aquests, tipus de lluminàries i col·locació d'aquestes). Posteriorment, es van realitzar successius triangles fins a arribar al més proper al triangle teòric.

En un treball anterior es va fer un estudi del confort higrotèrmic des del punt de vista exergètic incloent la seva representació (GUNI'08 dins del capítol 1 del Projecte Llabor 2008).

MESURES REALITZADES:

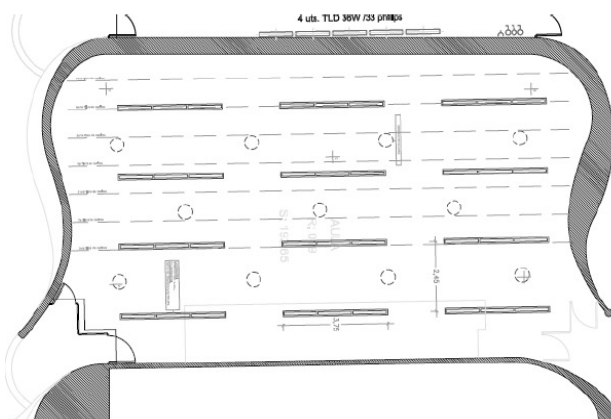
1. Situació:

Per tal de realitzar un anàlisi de la despesa energètica en il·luminació s'havien d'escollir diferents situacions:

- Aula Rogent (CB-1).
- Aula CB-2, de l'edifici Coderch de l'ETSAB.

L'aula CB-1, en el moment de realització de l'estudi ja tenia instal·lats conductes solars, en canvi, la CB-2 no en tenia. Per tant, el que es proposava era:

- Realitzar una instal·lació de conductes solars lumínics.
- Dimensionar les llumeneres, per tal d'adequar la il·luminació.

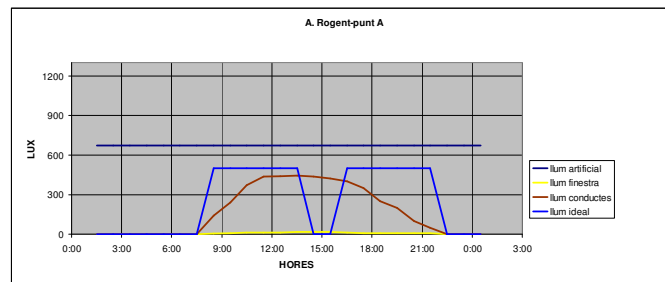


2. Presa de dades:

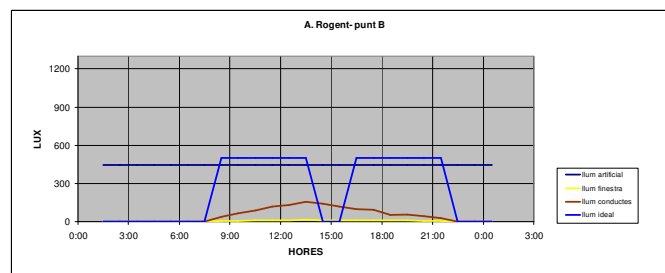
Per tal d'estudiar la millora exergètica de la llum en les aules CB-1 i CB-2 es va partir de la base dels requeriments lumínics concrets de dit espai envers a l'activitat realitzada en ella: nivell d'il·luminació uniforme en el pla de treball (65-70cm del terra).

Aquesta presa de dades s'inicia amb un estudi de la planta de l'aula Rogent (CB-1) per tal d'esbrinar els punts més representatius d'aquesta i així intentar englobar totes les opcions lumíniques. Un cop ubicat els punts d'estudi es realitza una presa de dades en el transcurs d'un dia: un d'assolellat i un d'ennuvolat.

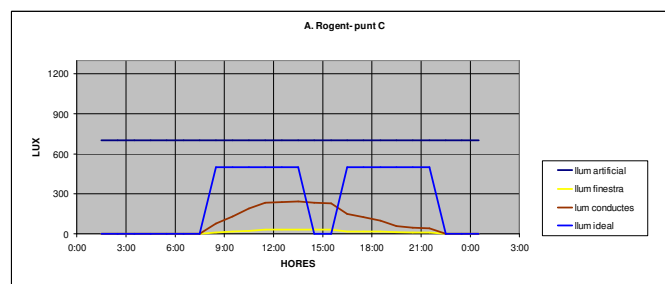
D'aquesta presa de dades es va grafiar l'evolució diària dels punts, per tal de conèixer el nivell d'il·luminació en cada punt al llarg del dia.



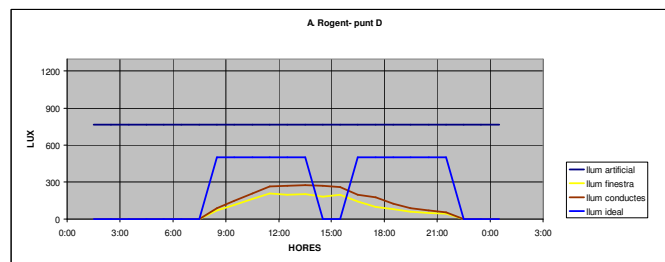
Gràfic diari del punt A: 42% llum artificial.



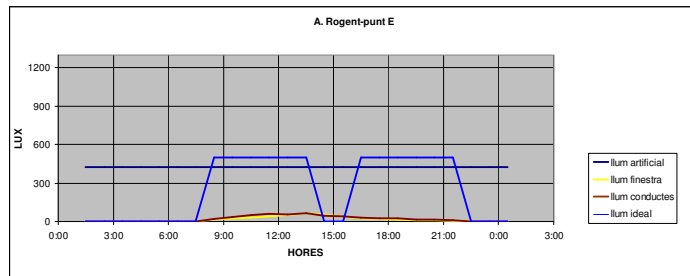
Gràfic diari del punt B: 82% llum artificial.



Gràfic diari del punt C: 70% llum artificial.



Gràfic diari del punt D: 64% llum artificial.



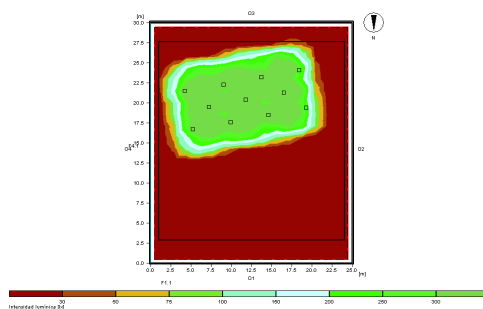
Gràfic diari del punt E: 92% llum artificial.

Gràfics de l'evolució en cada punt d'estudi indicant, que l'assolellament ideal és dóna al migdia (14:30 i 15:30) que és quan no hi ha classes.

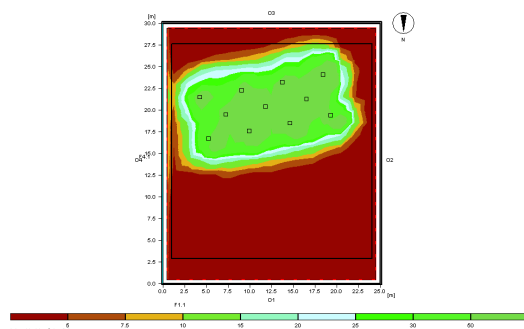
Així s'esbrina que aproximadament el 69% de llum que s'utilitza a l'aula CB-1 es produeix elèctricament.

Amb aquesta presa de dades es troben els diferents punts foscos, que per tal de controlar d'una millor manera es decideix introduir la planta al programa RELUX, per tal de poder-ne extreure les isolux. En aquests gràfics es preveuen diferents casuístiques segons si l'origen de llum és realitza mitjançant els conductes lumínics, la finestra o bé de manera artificial:

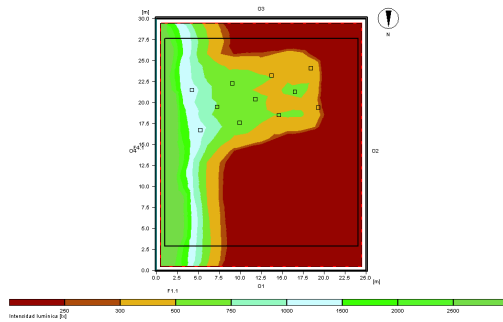
CASUÍSTICA A. Rogent			
FINESTRA	CONDUCTE	LLUMINARIA	CAS
O	T	T	1
O	O	T	2
O	O	O	3
T	O	T	4
T	O	O	5
T	T	O	6
O	T	O	7



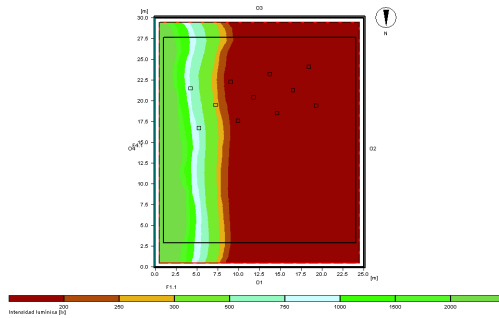
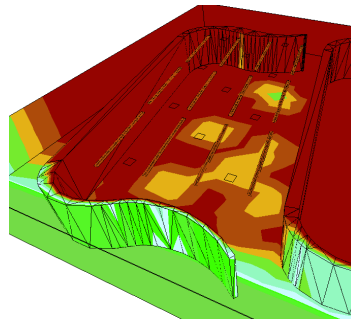
Il·luminació artificial. Imatge programa RELUX



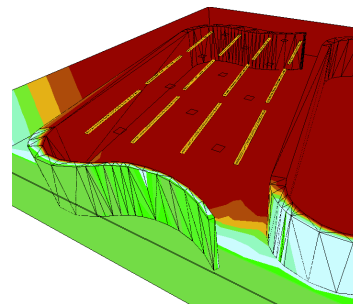
Il·luminació de lluernaris. Imatge programa RELUX



Il·luminació lluernaris més artificial. Imatge programa RELUX



Il·luminació de la finestra. Imatge programa RELUX



3. Proposta:

Realitzat l'estudi s'arriba a la conclusió que el dimensionat dels conductes instal·lats és l'ídoni, però que la seva col·locació possiblement no sigui la més adequada i que amb una nova distribució dels conductes s'aconsegueix rebaixar la necessitat de consum lumínic a un 56%.

PUNT	% LLUM ARTIFICIAL
Punt A	42 %
Punt B	82 %
Punt C	70 %
Punt D	64 %
Punt E	92 %

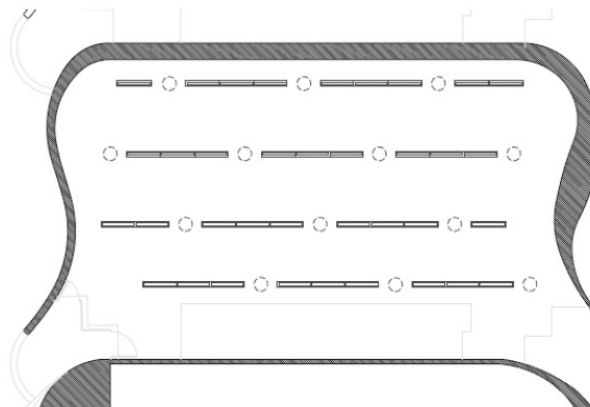
% dels punts de la CB-2

PUNT	% LLUM ARTIFICIAL
Punt A'	49 %
Punt B'	59 %
Punt C'	56 %
Punt D'	49 %
Punt E'	71 %

% dels punts de la proposta

De la mateixa manera, es realitza un redimensionat de les llumeneres, però en aquest cas sí que es veu la necessitat del canvi de model: proposant un augment de la potència de les làmpades (35kw) i de la seva distribució.

La proposta de la planta amb la nova situació dels lluernaris i les llumeneres és la següent:



Un cop obtingudes la situació inicial i la situació ideal es possible desenvolupar el concepte de variabilitat a l'entorn d'un punt, el què ens permet realitzar comparatives de les variables que li són més adequades de forma exergètica.

Si es realitza una comparació de les necessitats lumíniques prèvies amb les proposades tenim que la relació flux/hores es millora considerablement:

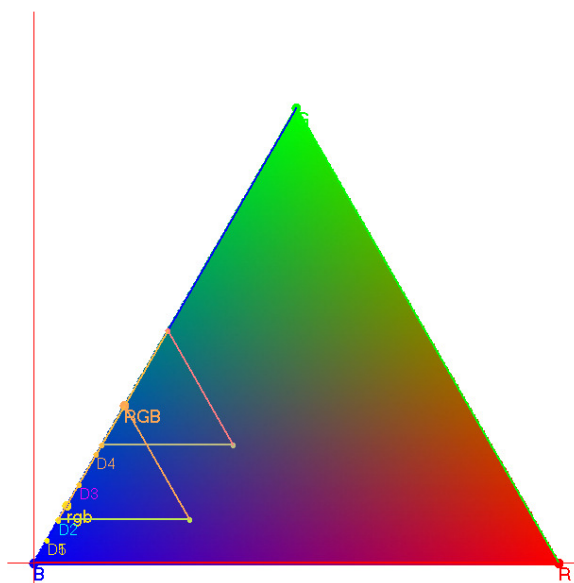
CONSUM ELÈCTRIC DEGUT A LA IL·LUMINACIÓ						
CB-2	Pot. (w)	Flux. (lm)	nombre	POT. TOTAL	FLUX.TOTAL	relació flux/hores
tipus 1	58	5.200	32	2000	179800	2,1
tipus 2	36	3.350	4			
ROGENT	Pot. (w)	Flux. (lm)	nombre	POT. TOTAL	FLUX.TOTAL	relació flux/hores
tipus 1	28	2.600	72	2160	200600	1,2
tipus 2	36	3.350	4			
MODIFICACIÓ	Pot. (w)	Flux. (lm)	nombre	POT. TOTAL	FLUX.TOTAL	relació flux/hores
tipus 1	35	3.050	74	2734	239100	0,9
tipus 2	36	3.350	4			

D'aquesta manera també s'aconsegueixen un seguit de gràfics exergètics comparatius de les millores en la il·luminació natural.

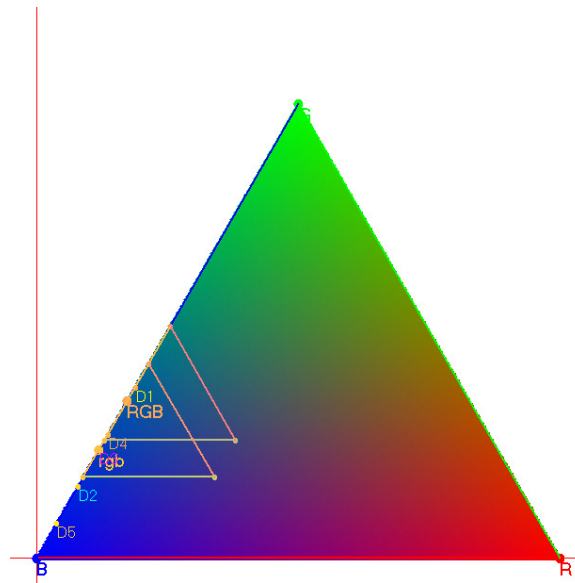
4. Interpretació exergètica:

Un cop recollides les dades i la proposta realitzada cal comprovar que la proposta millori de forma exergètica a les preexistències. Per a aquest fi, es generen els tres gràfics de representació exergètica.

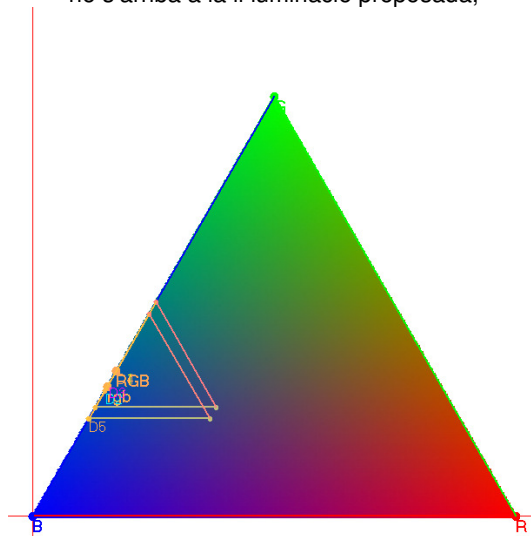
La situació idíl·lica del triangle seria al centre exacte, degut a que s'està calculant l'exergia lumínica per tal que sigui més aclaridor es prescindeix de les alteracions químiques, per tant ja sabem que estem estudiant l'exergia dintre d'una línia. En els següents gràfics s'observa l'aproximació del sistema de l'aula a un punt de confort definit prèviament.



A l'aula CB-2 (previ a qualsevol tipus de millora)
l'eficiència lumínica general de l'aula era molt baixa.



A l'aula Rogent hi ha una millora lumínica,
no s'arriba a la il·luminació proposada,



El gràfic de la proposta realitzada s'aproxima a les exigències previes.

CONCLUSIONS:

- Aquest sistema ens permet una avaluació per aproximació a un punt escollit, recuperant la idea de marge d'error. Es un sistema molt proper a la realitat. Que ens permet fixar les condicions necessàries per a l'habitabilitat de l'edifici i dissenyar la pell de l'edifici aproximant-nos a aquestes condicions. En aquest estat, primari, es tracta d'un treball de prova error, que posteriorment es pot convertir en un sistema més immediat i directe.
- El desenvolupament del concepte de variabilitat de l'entorn d'un punt, permet la comparació posterior de quines variables són més adequades de forma exergètica. Veiem que la forma de representació escollida ens permet comparar amb facilitat quina es la pell més convenient.

- Al utilitzar un edifici construït, que no permetia la manipulació, ens hem vist obligats a la generació de models tridimensionals, que ens han permès un càlcul bastant acurat.
- Un altra conclusió es que amb un petit estudi es molt fàcil optimitzar l'exergia.
- Sense saber com és l'edifici es pot realitzar un estudi de com ha de ser la seva pell segons el lloc on s'implanta.
- Es necessari reflexar la conveniència d'aplicació de la domòtica en aquests casos de modificació de la pell i en edificis d'obra nova, ja que optimitza encara més si cal, el diàleg interior, exterior. Amb la domòtica es possible l'utilització del calor passiu, o la creació de corrents de ventilació quan s'escau.

AGRAÏMENTS:

Degut a l'interès i a l'ajuda prestada en aquest estudi, agraïm la seva col·laboració a: Laura Murguía i Paz Hughes d'iGuzzini

REFERÈNCIES:

- Isalgué, A. *FÍSICA DE LA LLUM I EL SO*, Edicions UPC, 1995
- Shukuya, M. *NUMERICAL ANALYSIS OF ANNUAL EXERGY CONSUMPTION FOR DAYLIGHTING, ELECTRIC-LIGHTING, AND SPACE HEATING/COOLING SYSTEM*, Systech Environmental Research Laboratory, Japan, 2006
- Shukuya, M. *COMPARISON OF EXERGY CONSUMPTION FOR DAYLIGHTING, ELECTRIC-LIGHTING AND SPACE HEATING/COOLING SYSTEMS*, Laboratory of Built Environment, Musashi Institute of Technology, 2003
- Alpuche, M^a Guadalupe. *ANÁLISIS EXERGÉTICO EN LA ZONA DE CONFORT TÉRMICO EN CLIMAS CÁLIDO-SECO Y CÁLIDO HÚMEDO, ARQUITECTURA Y URBANISMO DEL DESIERTO*. Vol1 Num 1, 2005

ANNEX 1:

Elements auxiliars en desenvolupament

Exergator

Es tracta d'una eina auxiliar de presa de mesures que ens permetrà la presa de dades automàtica de tot un aula de forma autòmata. En el desenvolupament d'aquest element ens hem trobat en un seguit de problemàtiques, com per exemple, la forma de les aules o la impossibilitat de enretirar el mobiliari de les aules.

Seguint amb la política i necessitat de reducció de recursos, es va creure oportú utilitzar el sistema de LEGO MINDSTORMS, que permet bastant flexibilitat.

Si el aparell ens es útil el programa proporcionat per aquests, no es tan útil per a les nostres finalitats, per tant ens trobem en el punt de creació del programa que a través de bluetooth ens permeti garantir el control del sistema.

LEGO MINDSTORMS, conté un seguit de sensors com són: un luxometre, un sonometre i un sensor de d'ultrasons. En aquest tres sensors es factible la fabricació d'un mesurador. A part te la capacitat de comunicació a distància.

